

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-092554

(43)Date of publication of application : 28.03.2003

(51)Int.Cl.

H04B 10/02
H04B 3/06
H04B 10/18

(21)Application number : 2001-283803

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 18.09.2001

(72)Inventor : HASHIDA MASAOKI
NISHIMOTO HIROSHI

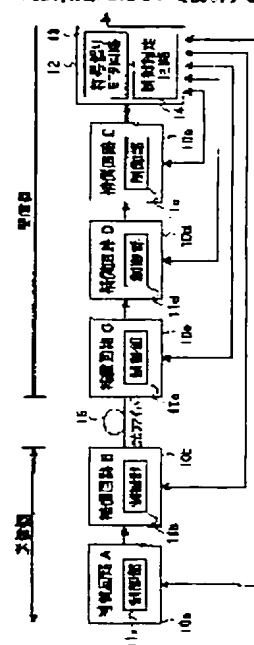
(54) METHOD, CONTROLLER AND SYSTEM FOR CONTROLLING TRANSMISSION PROPERTY COMPENSATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method, a controller and a system for controlling transmission property compensation which have high expandability and flexibility and improved reliability.

SOLUTION: This transmission property compensation control system 1 for using compensation circuits 10a to 10e to compensate the waveform deterioration of a transmission signal is provided with the compensation circuits 10a to 10e for compensating the waveform deterioration of the transmission signal, control circuits 11a to 11e provided in the respective compensation circuits 10a to 10e and for controlling the compensation circuits 10a to 10e, and a control designation circuit 14 for supplying code error information of the transmission signal compensated by the compensation circuits 10a to 10e to the control circuits 11a to 11e. The control circuits 11a to 11e controls the compensation circuits 10a to 10e on the basis of the code error information and compensate the waveform deterioration of the transmission signal.

本発明の原理について説明する図



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.04.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-92554
(P2003-92554A)

(43)公開日 平成15年3月28日(2003.3.28)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)		
H 0 4 B	10/02	H 0 4 B	3/06	Z	5 K 0 0 2
	3/06		9/00	M	5 K 0 4 6
	10/18				

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2001-283803(P2001-283803)

(22)出願日 平成13年9月18日(2001.9.18)

(71)出願人 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号
(72)発明者 橋田 正明
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
(72)発明者 西本 央
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内
(74)代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

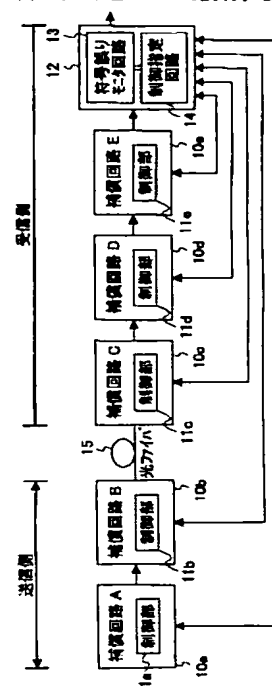
(54)【発明の名称】 伝送特性補償制御方法および伝送特性補償制御装置並びに伝送特性補償制御システム

(57)【要約】

【課題】 拡張性及び柔軟性が高く、信頼性を向上させることが可能な伝送特性補償制御方法および伝送特性補償制御装置並びに伝送特性補償制御システムを提供することを目的とする。

【解決手段】 補償回路10a~10eを用いて伝送信号の波形劣化を補償する伝送特性補償制御システム1であって、伝送信号の波形劣化を補償する補償回路10a~10eと、補償回路10a~10e毎に設けられ、補償回路10a~10eを制御する制御回路11a~11eと、補償回路10a~10eにより補償された伝送信号の符号誤り情報を制御回路10a~10eに供給する制御指定回路14とを備え、符号誤り情報に基づき制御回路11a~11eが補償回路10a~10eを制御して伝送信号の波形劣化を補償することにより上記課題を解決する。

本発明の原理について説明する図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 伝送路の送信側と受信側とに配置された 1 つ以上の補償回路を用いて伝送信号の波形劣化を補償する伝送特性補償制御方法であって、

1 つ以上の補償回路により補償された伝送信号の符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を、前記補償回路毎に設けられた制御回路に供給する供給段階と、

供給された符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方に基づき前記制御回路が補償回路を制御して前記伝送信号の波形劣化を補償する補償段階とを備えることを特徴とする伝送特性補償制御方法。

【請求項 2】 伝送路の送信側と受信側とに配置された 1 つ以上の補償回路を制御して伝送信号の波形劣化を補償する伝送特性補償制御装置であって、

1 つ以上の補償回路により補償された伝送信号から符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を生成する生成手段と、

生成した符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を、前記補償回路毎に設けられた制御回路に供給する供給手段とを備え、

前記符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方に応じて前記制御回路に補償回路を制御させ、前記伝送信号の波形劣化を補償することを特徴とする伝送特性補償制御回路。

【請求項 3】 伝送路の送信側と受信側とに配置された 1 つ以上の補償回路を用いて伝送信号の波形劣化を補償する伝送特性補償制御システムであって、

伝送信号の波形劣化を補償する 1 つ以上の補償回路と、前記補償回路毎に設けられ、前記補償回路を制御する 1 つ以上の制御回路と、

前記 1 つ以上の補償回路により補償された前記伝送信号の符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を、前記 1 つ以上の制御回路に供給する制御指定回路とを備え、

前記符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方に基づき前記制御回路が補償回路を制御して前記伝送信号の波形劣化を補償することを特徴とする伝送特性補償制御システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、伝送特性補償制御方法および伝送特性補償制御装置並びに伝送特性補償制御システムに係り、特に伝送特性劣化を 1 つ以上の補償回路を用いて補償する伝送特性補償制御方法および伝送特性補償制御装置並びに伝送特性補償制御システムに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光伝送装置の高速化が進み、10 Gb/s の光伝送装置は既に実用化されている。そし

て、40 Gb/s の光伝送装置は、開発が進められている。このように伝送速度が高速になるに従い、光伝送装置ではファイバの波長分散、ファイバ及び光回路の偏波分散、非線形効果、光増幅器の自然放出雑音光 (ASE) 等による光信号波形の劣化が顕著になり、伝送距離を制限する主要因となる。

【0003】したがって、40 Gb/s の光伝送装置で数百 km 以上を伝送するような場合には、上述した様々な要因による光信号波形の劣化を補償する複数の伝送特性補償制御システムが必要である。

【0004】例えば、伝送特性劣化を複数の補償回路を用いて補償する伝送特性補償制御システムの一例が特開平 9-326755 号公報に記載されている。この伝送特性補償制御システムは、例えば可変分散等化回路などの複数の補償回路と、その補償回路を制御する制御回路とが分離されており、複数の補償回路の制御を制御回路が集中して行なうものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の伝送特性補償制御システムでは、複数の補償回路の制御を制御回路が集中して行っており、補償回路の数が増加すれば制御回路による制御が複雑になる。したがって、従来の伝送特性補償制御システムは、通信速度の上昇や伝送距離の拡大などに対応させて補償回路の数を増加することが困難であり、拡張性及び柔軟性に欠けるという問題があった。

【0006】また、従来の伝送特性補償制御システムでは、補償回路における最適なパラメータの探索法として、簡便法と 2 次元法とが提案されている。

【0007】簡便法とは、制御対象が 2 種類ある場合に、第 1 の制御対象について最小符号誤り率を与えるパラメータを設定し、続いて第 2 の制御対象について最小符号誤り率を与えるパラメータを設定する方法である。しかしながら、2 つのパラメータは一般的に独立でないため、簡便法で精度を得ることができなかった。

【0008】一方、2 次元法とは、2 種類の制御対象の全ての組み合わせについて符号誤り測定を行い、測定結果から最適なパラメータを設定する方法である。しかしながら、2 次元法は精度を上げるために組み合わせ数を大きくする必要があり、精度を上げると補償回路の制御に時間が掛るという問題があった。また、運用時の補償回路の制御では、エラーが増大することで回線切り替え等が起こるため、制御対象の全ての組み合わせについて符号誤り測定を行なうことが現実的でないという問題があった。

【0009】本発明は、上記の点に鑑みなされたもので、拡張性及び柔軟性が高く、信頼性を向上させることが可能な伝送特性補償制御方法および伝送特性補償制御装置並びに伝送特性補償制御システムを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】そこで、上記課題を解決するため、本発明は、伝送路の送信側と受信側とに配置された1つ以上の補償回路を用いて伝送信号の波形劣化を補償する伝送特性補償制御方法であって、1つ以上の補償回路により補償された伝送信号の符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を、前記補償回路毎に設けられた制御回路に供給する供給段階と、供給された符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方に基づき前記制御回路が補償回路を制御して前記伝送信号の波形劣化を補償する補償段階とを備えることを特徴とする。

【0011】また、本発明は、伝送路の送信側と受信側とに配置された1つ以上の補償回路を制御して伝送信号の波形劣化を補償する伝送特性補償制御装置であって、1つ以上の補償回路により補償された伝送信号から符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を生成する生成手段と、生成した符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を、前記補償回路毎に設けられた制御回路に供給する供給手段とを備え、前記符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方に応じて前記制御回路に補償回路を制御させ、前記伝送信号の波形劣化を補償することを特徴とする。

【0012】さらに、本発明は、伝送路の送信側と受信側とに配置された1つ以上の補償回路を用いて伝送信号の波形劣化を補償する伝送特性補償制御システムであって、伝送信号の波形劣化を補償する1つ以上の補償回路と、前記補償回路毎に設けられ、前記補償回路を制御する1つ以上の制御回路と、前記1つ以上の補償回路により補償された前記伝送信号の符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を、前記1つ以上の制御回路に供給する制御指定回路とを備え、前記符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方に基づき前記制御回路が補償回路を制御して前記伝送信号の波形劣化を補償することを特徴とする。

【0013】本発明では、伝送路の送信側と受信側とに配置された1つ以上の補償回路毎に制御回路を設けることにより、符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方に基づき補償回路を独立に制御することができるので、伝送特性補償制御システムの拡張性及び柔軟性を高めることが可能である。

【0014】なお、1つ以上の補償回路のうち制御を行なう補償回路のみに前記符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を供給することにより、制御する補償回路を選択することができる。したがって、1つ以上の補償回路から1つの補償回路を順次選択し、選択した補償回路を制御することが可能である。

【0015】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面に基づいて説明する。まず、本発明の理解を容易

とする為に、本発明の原理について図1を参照しつつ説明する。

【0016】図1は、本発明の原理について説明する図を示す。図1では、送信側に補償回路10a、10bが配置されると共に、受信側に補償回路10c～10e、伝送特性補償制御装置12が配置されている。なお、送信側と受信側とは光ファイバ15を介して接続されている。補償回路10a～10eは、設定されているパラメータに応じて伝送信号の波形劣化を補償する。

【0017】送信側又は受信側に配置された補償回路10a～10eは、制御部11a～11eを内蔵している。制御部11a～11eは、補償回路10a～10eにおけるパラメータを符号誤り情報に基づき設定する。なお、制御部11a～11eは補償回路10a～10eにおけるパラメータを、符号誤り訂正情報に基づき設定してもよい。

【0018】補償回路10a～10eにおけるパラメータを符号誤り情報に基づき設定する場合、制御部11a～11eは伝送特性補償制御装置12から符号誤り情報を供給される。一方、補償回路10a～10eにおけるパラメータを符号誤り訂正情報に基づき設定する場合、制御部11a～11eは伝送特性補償制御装置12から符号誤り訂正情報を供給される。

【0019】伝送特性補償制御装置12は、符号誤りモニタ回路13及び制御指定回路14を備えるように構成される。符号誤りモニタ回路13は、補償回路10a～10eを通過するときに波形劣化が補償された伝送信号の符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を測定し、測定した符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を制御指定回路14に供給する。

【0020】以下、補償回路10a～10eにおけるパラメータを符号誤り情報に基づき設定する場合について説明するが、補償回路10a～10eにおけるパラメータを符号誤り訂正情報に基づき設定する場合も同様に考えることができる。

【0021】制御指定回路14は、図2に表すように、補償回路10a～10eのうち制御を行う補償回路に内蔵された制御部だけに符号誤り情報を供給する。

【0022】図2は、本発明の原理について説明するタイムチャートを示す。図2のタイムチャートでは、ローレベルからハイレベルに切り替わるときに制御指定回路14から制御部11a～11eへの符号誤り情報の供給が開始される一方、ハイレベルからローレベルに切り替わるときに制御指定回路14から制御部11a～11eへの符号誤り情報の供給が終了する。

【0023】言い換えれば、制御部11a～11eは、図2のタイムチャートがハイレベルのときに動作する。また、図2のタイムチャートは、補償回路10a～10eの順番でパラメータの制御を行なう例を表している。

【0024】図2(A)に表されるように、まず、制御

指定回路14は制御部11aに符号誤り情報を送信する。制御部11aは受信した符号誤り情報に基づきパラメータを設定する。補償回路10aは、設定されたパラメータに応じて伝送信号の波形劣化を補償する。

【0025】このとき、図2(B)～図2(E)に表されるように、制御指定回路14は制御部11b～11eに符号誤り情報を送信しない。制御部11b～11eは符号誤り情報を受信しない為、パラメータの設定を行なわない。したがって、補償回路10b～10eにおけるパラメータは、固定されている。

【0026】後述するような処理により補償回路10aにおける最適なパラメータの設定が終了すると、制御部11aは制御完了通知を制御指定回路14に送信して動作を終了する。制御指定回路14は、図2(A)及び図(B)に表されるように、制御部11aから制御完了通知を受信した後で、次の制御部11bに対する符号誤り情報の送信を開始する。

【0027】補償回路10b～10eにおける最適なパラメータの設定は、補償回路10aと同様に行なうため説明を省略する。そして、補償回路10aにおける最適なパラメータの設定を再び行なう。

【0028】制御指定回路14は、補償回路10aにおける前回の最適なパラメータ x_{n-1} と今回の最適なパラメータ x_n との差を比較し、予め設定されている目標値より差が小さければ、制御部11a～11eに対する符号誤り情報の送信を終了する。予め設定されている目標値より差が大きければ、補償回路10a～10eにおける最適なパラメータの設定を繰り返す。

【0029】なお、制御指定回路14は、符号誤りモニタ回路13から供給される符号誤り情報が符号誤り無しを表した場合、動作を終了してもよい。また、制御指定回路14は、符号誤りモニタ回路13から供給される符号誤り情報が符号誤り無しを表した場合であっても、全ての補償回路における最適なパラメータの設定を続けてもよい。

【0030】図1において新たな補償回路の追加を行なう場合、制御指定回路14のソフトウェア変更により行なうことができるので、拡張性及び柔軟性が高い伝送特性補償制御システムを実現できる。

【0031】次に、本発明による伝送特性補償制御システムで最適なパラメータの設定を行なう最適化アルゴリズムについて図3を参照しつつ説明する。図3は、本発明による最適化アルゴリズムの一例のフローチャートを示す。

【0032】図3のフローチャートは、伝送特性補償制御システムに含まれる補償回路が2つの場合の最適化アルゴリズムを表している。最適化アルゴリズムは、初期設定時及び運用時で異なる為、初期設定時及び運用時を分けて説明する。

【0033】まず、初期設定時の最適化アルゴリズムに

ついて説明する。本発明による伝送特性補償制御システムでは、伝送路のファイバ長、ファイバの種類、波長などにより伝送特性が異なる為、初期立ち上げ時に最適なパラメータを補償回路に設定する。

【0034】図3中、ステップS10では、制御指定回路14が繰り返し回数 n に1を設定する。ステップS10に続いてステップS11に進み、制御指定回路14は符号誤り情報を補償回路Aの制御部に送信し、補償回路Aにパラメータの制御を開始させる。

【0035】補償回路Aの制御部は、例えば図4(A)に表すようにパラメータ x を変化させてパラメータ x に対する符号誤り率を取得する。このとき、パラメータ y は y_0 に固定されている。図4は、補償回路におけるパラメータの制御について説明する図を示す。図4では、補償回路Aのパラメータを x とし、補償回路Bのパラメータを y として表している。

【0036】ステップS11に続いてステップS12に進み、補償回路Aの制御部は、ステップS11で取得した符号誤り率の中から最小符号誤り率を選択し、選択した最小符号誤り率にエラーが含まれるか否かを判定する。最小符号誤り率にエラーが含まれると判定すると(S12においてYES)、補償回路Aの制御部はステップS13に進み、最小符号誤り率を取得したときのパラメータ x_1 を最適値 x_1 として設定する。

【0037】最小符号誤り率にエラーが含まれていないと判定すると(S12においてNO)、補償回路Aの制御部はステップS14に進み、エラーが含まれていない所謂エラーフリーを取得したときのパラメータ x_1 を最適値 x_1 として設定する。エラーフリーを取得するパラメータ x_1 に幅がある場合、エラーフリーを取得するパラメータ x_1 の幅が最大の領域且つその領域の中央のパラメータ x_1 を最適値 x_1 として設定する。

【0038】ステップS13又はS14に続いてステップS15に進み、補償回路Aの制御部は制御完了通知を制御指定回路14に送信してパラメータの制御を完了する。ステップS15に続いてステップS16に進み、制御指定回路14は繰り返し回数 n が1であるか否かを判定する。

【0039】繰り返し回数 n が1であると判定すると(S16においてYES)、制御指定回路14はステップS18に進み、前述したステップS11～S15と同様に、補償回路Bの最適値 y_1 を設定する。

【0040】ステップS18に続いてステップS19に進み、制御指定回路14は繰り返し回数 n に1を加算する。ステップS19に続いてステップS11に進み、制御指定回路14は符号誤り情報を補償回路Aの制御部に送信し、補償回路Aにパラメータの制御を開始させる。

【0041】補償回路Aの制御部は、例えば図4(C)に表すようにパラメータ x を変化させてパラメータ x に対する符号誤り率を取得する。このとき、パラメータ y

は y_1 に固定されている。そして、前述したステップ S 11 ~ S 15 の処理により、補償回路 A の最適値 x_2 を設定する。

【0042】ステップ S 15 では、補償回路 A の制御部が制御完了通知を制御指定回路 14 に送信してパラメータの制御を完了する。ステップ S 15 に続いてステップ S 16 に進み、制御指定回路 14 は繰り返し回数 n が 1 であるか否かを判定する。

【0043】繰り返し回数 n が 1 でないと判定すると（S 16 において NO）、制御指定回路 14 はステップ S 17 に進む。ステップ S 17 では、制御指定回路 14 は最適値 x_1 と最適値 x_2 との差の絶対値を算出し、算出した絶対値が目標値 T_h より小さいか否かを判定する。また、制御指定回路 14 は、繰り返し回数 n が最大繰り返し回数 N に達したか否かを判定する。

【0044】例えば図 4 (C) に表すように、算出した絶対値が目標値 T_h より小さいと判定すると（S 17 において YES）、制御指定回路 14 は最適値 x_{n+1} 及び最適値 y_n を最終的な最適値 x 及び最適値 y として設定し、ステップ S 20 に進む。また、繰り返し回数 n が最大繰り返し回数 N に達したと判定すると（S 17 において YES）、制御指定回路 14 はステップ S 20 に進む。

【0045】一方、図 4 (D) に表すように、算出した絶対値が目標値 T_h より大きく、且つ繰り返し回数 n が最大繰り返し回数 N に達していないと判定すると（S 17 において NO）、制御指定回路 14 はステップ S 18 に進み、最適値 y_n 及び最適値 x_{n+1} の設定を繰り返す。

【0046】ステップ S 20 では、制御指定回路 14 により繰り返し回数 n が最大繰り返し回数 N に達しているか否かが判定される。繰り返し回数 n が最大繰り返し回数 N に達していると判定されると（S 20 において YES）、制御指定回路 14 はステップ S 21 に進む。

【0047】ステップ S 21 では、制御指定回路 14 が、算出した絶対値が一番小さいときの最適値 x_n と最適値 y_{n-1} とを最終的な最適値 x 及び最適値 y として設定し、処理を終了する。なお、繰り返し回数 n が最大繰り返し回数 N に達していないと判定されると（S 20 において NO）、制御指定回路 14 は処理を終了する。

【0048】次に、運用時の最適化アルゴリズムについて説明する。本発明による伝送特性補償制御システムでは、温度変化に伴うファイバの波長分散の変化、偏波分散の変化などにより伝送信号の波形劣化が生じるため、運用時に最適なパラメータを補償回路に設定する。

【0049】例えば運用時、温度変化に伴うファイバの波長分散の変化、偏波分散の変化などにより伝送信号の波形劣化が進むと、符号誤りモニタ回路 13 は符号誤りを検出するようになる。符号誤り率が予め設定してある再設定動作開始閾値を上回った場合、制御指定回路 14

は予め定められている順番に符号誤り情報を補償回路 A 及び B の制御部に送信し、図 3 のフローチャートに従い補償回路 A 及び B にパラメータの制御を開始させる。

【0050】図 3 のフローチャートの処理において、初期設定時の最適化アルゴリズムと運用時の最適化アルゴリズムとの違いは、ステップ S 11 及び S 18 にある。運用時の最適化アルゴリズムでは、サービスへの影響を出来る限り小さく抑える必要がある。補償回路 A の制御部は、例えば図 5 (A) に表すようにパラメータ x を符号誤り率が予め設定されている探索動作閾値を越えない範囲で変化させ、パラメータ x に対する符号誤り率を取得する。

【0051】図 5 は、補償回路におけるパラメータの制御について説明する図を示す。図 5 では、補償回路 A のパラメータを x とし、補償回路 B のパラメータを y として表している。このとき、パラメータ y は y_k に固定されている。

【0052】また、補償回路 B の制御部は、例えば図 5 (B) に表すようにパラメータ y を符号誤り率が予め設定されている探索動作閾値を越えない範囲で変化させ、パラメータ y に対する符号誤り率を取得する。その他の処理は、初期設定時及び運用時の最適化アルゴリズムで同様であり、説明を省略する。

【0053】なお、運用時の最適化アルゴリズムにおいて、パラメータ x 又はパラメータ y を変化させても符号誤り率が変化しない場合は、符号誤りの発生原因が他の部分で発生していると判断して補償回路 A 及び補償回路 B のパラメータ x 及びパラメータ y を元の値に戻してもよい。

【0054】このように、図 3 の最適化アルゴリズムを用いることにより、最適なパラメータを高速に探索することができ、ファイバの温度変動や偏波分散などによる波形劣化に対して耐性が強くなる。その結果、本発明の伝送特性補償制御システムは極めて高い信頼性を有することができる。

【0055】本発明による伝送特性補償制御システムで最適なパラメータの設定を行なう最適化アルゴリズムについて図 6 を参照しつつ説明する。図 6 は、本発明による最適化アルゴリズムの他の一例のフローチャートを示す。なお、図 6 のフローチャートは、一部を除いて図 3 のフローチャートと同様であるので、適宜説明を省略する。

【0056】図 6 のフローチャートは、伝送特性補償制御システムに含まれる補償回路が M ($M > 2$) 個の場合の最適化アルゴリズムを表している。ステップ S 30 ~ S 38 の処理は、図 3 のステップ S 10 ~ S 18 の処理に相当する。ステップ S 38 に続いてステップ S 39 に進み、前述したステップ S 31 ~ S 35 と同様に、補償回路 C ~ M の最適値 z_1 ~ 最適値 Φ_1 を設定する。

【0057】ステップ S 39 に続いてステップ S 40 に

進み、制御指定回路 14 は繰り返し回数 n に 1 を加算する。ステップ S40 に続いてステップ S31 に進み、制御指定回路 14 は符号誤り情報を補償回路 A の制御部に送信し、補償回路 A にパラメータの制御を開始させる。そして、前述したステップ S31 ~ S35 の処理により、補償回路 A の最適値 x_2 を設定する。

【0058】ステップ S35 に続いてステップ S36 に進み、制御指定回路 14 は繰り返し回数 n が 1 であるか否かを判定し、繰り返し回数 n が 1 でないと判定すると（S36 において NO）、ステップ S37 に進む。ステップ S37 では、図 3 のステップ S17 と同様な処理により、算出した絶対値が目標値 T_h より小さいと判定すると（S37 において YES）、最適値 x_{n+1} 及び最適値 y_n を最終的な最適値 x 及び最適値 y として設定し、ステップ S41 に進む。また、繰り返し回数 n が最大繰り返し回数 N に達したと判定すると（S37 において YES）、制御指定回路 14 はステップ S41 に進む。

【0059】一方、算出した絶対値が目標値 T_h より大きく、且つ繰り返し回数 n が最大繰り返し回数 N に達していないと判定すると（S37 において NO）、制御指定回路 14 はステップ S38 に進み、最適値 y_n 、最適値 z_n ~ 最適値 ϕ_n 、最適値 x_{n+1} の設定を繰り返す。

【0060】ステップ S41 では、制御指定回路 14 により繰り返し回数 n が最大繰り返し回数 N に達しているか否かが判定される。繰り返し回数 n が最大繰り返し回数 N に達していると判定されると（S41 において YES）、制御指定回路 14 はステップ S42 に進む。

【0061】ステップ S42 では、制御指定回路 14 が、算出した絶対値が一番小さいときの最適値 x_n 、最適値 y_{n-1} 、最適値 z_{n-1} ~ 最適値 ϕ_{n-1} を最終的な最適値 x 、最適値 y 、最適値 z ~ 最適値 ϕ として設定し、処理を終了する。なお、繰り返し回数 n が最大繰り返し回数 N に達していないと判定されると（S41 において NO）、制御指定回路 14 は処理を終了する。

【0062】なお、本発明による伝送特性補償制御システムにおいて誤り訂正符号を利用することにより、サービスへの影響を更に小さくすることができる。具体的には、図 1 の符号誤りモニタ回路 13 で誤り訂正前の符号誤り又は符号誤り訂正数の情報をモニタすることにより、誤り訂正符号の誤り訂正能力を越えて伝送回線に符号誤りが発生する前に補償回路のパラメータを再設定することができる。

【0063】この場合、再設定動作開始閾値を誤り訂正前の符号誤り又は符号誤り訂正数の情報に対応付けて設定しておくことにより、誤り訂正符号の誤り訂正能力を越えて伝送回線に符号誤りが発生する前に補償回路のパラメータを再設定することが可能である。

【0064】図 7 は、本発明の伝送特性補償制御システム

の一実施例の構成図を示す。図 7 の伝送特性補償制御システム 1 は、送信側に送信回路 20a、可変分散補償回路 20b が配置されると共に、受信側に可変分散補償回路 20c、偏波分散補償回路 20d、光受信回路 20e、伝送特性補償制御装置 22 が配置されている。

【0065】なお、送信側と受信側とは光ファイバ 25 を介して接続されている。送信回路 20a は図 1 の補償回路 10a に相当し、可変分散補償回路 20b は補償回路 10b に相当し、可変分散補償回路 20c は補償回路 10c に相当し、偏波分散補償回路 20d は補償回路 10d に相当し、光受信回路 20e は補償回路 10e に相当し、伝送特性補償制御装置 22 は伝送特性補償制御装置 12 に相当する。

【0066】送信回路 20a は、半導体レーザ、LN 変調器、ドライバ等の一般的な構成となっており、チャープング可変の可変制御回路 21a を内蔵する。可変分散補償回路 20b 及び 20c は、可変分散補償器、制御部 21b を備える構成となっている。

【0067】なお、可変分散補償器としての可変型波長分散補償デバイスとしては、VIPA (Virtually-Imaged-Phased-Array) デバイス [M. Shirasaki, et al., "Dispersion Compensation Using The Virtually Imaged Phased Array," APCC/OECC'99, pp. 1367-1370] または FBG (Fiber-Bragg-Grating) [M.M. Ohn, et al., "Tunable Fiber Grating Dispersion Using a Piezoelectric Stack," OFC'97 WJ3] などが利用できる。

【0068】また、偏波分散補償回路 20d は、偏波コントローラ、複屈折デバイス、偏波モニタ、制御回路 21d を備える構成となっている。光受信回路 20e は、受光素子、増幅器、クロック再生および識別回路、直並列変換回路、識別レベルを制御する制御回路 21e を備える構成となっている。

【0069】伝送特性補償制御装置 22 は、符号誤りモニタ回路 23 及び制御指定回路 24 を備えるように構成される。制御部 21a ~ 21e は、前述した図 2 のタイミングで制御指定回路 24 から符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の何れか一方が供給される。

【0070】制御部 21a ~ 21e は、前述したように、送信回路 20a、可変分散補償回路 20b、可変分散補償回路 20c、偏波分散補償回路 20d、光受信回路 20e におけるパラメータを符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の何れか一方に基づき設定することができる。

【0071】したがって、送信回路 20a、可変分散補償回路 20b、可変分散補償回路 20c、偏波分散補償回路 20d、光受信回路 20e は、設定されているパラメータに応じて伝送信号の波形劣化を補償することが可能である。

【0072】なお、誤り訂正符号を用いない場合は、SDH/SONET フォーマットの B1、B2 又は LAN

フォーマットのFCS (Frame Check Sequence) 等のパリティチェックに基づく誤り情報を利用することもできる。

【0073】また、本発明の伝送特性補償制御システムは波長多重伝送を行なう光通信システムに適用が可能であり、伝送特性を各波長ごとに補償するか又は可変分散補償を複数の波長で一括して補償することができる。

【0074】本発明は、以下に記載する付記のような構成が考えられる。

(付記1) 伝送路の送信側と受信側とに配置された1つ以上の補償回路を用いて伝送信号の波形劣化を補償する伝送特性補償制御方法であって、1つ以上の補償回路により補償された伝送信号の符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を、前記補償回路毎に設けられた制御回路に供給する供給段階と、供給された符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方に基づき前記制御回路が補償回路を制御して前記伝送信号の波形劣化を補償する補償段階とを備えることを特徴とする伝送特性補償制御方法。

(付記2) 前記1つ以上の補償回路により出力パワー制御、チャープパラメータ制御、送信側可変分散補償制御、偏波分散補償制御、受信側可変分散補償制御、受信側識別レベル制御、識別位相制御のうち2つ以上を行なうことを特徴とする付記1記載の伝送特性補償制御方法。

(付記3) 前記供給段階は、1つ以上の補償回路から1つの補償回路を順次を選択し、選択した1つの補償回路に前記1つ以上の補償回路により補償された伝送信号の符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を供給することを特徴とする付記1又は2記載の伝送特性補償制御方法。

(付記4) 前記供給段階は、前記伝送信号の符号誤り又は符号誤り訂正が発生しなくなると、前記伝送信号の符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を供給する動作を停止することを特徴とする付記3記載の伝送特性補償制御方法。

(付記5) 前記供給段階は、前記補償回路を制御する今回の設定値と前回の設定値との差が目標値より小さくなるまで前記伝送信号の符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を供給する動作を継続することを特徴とする付記3記載の伝送特性補償制御方法。

(付記6) 前記供給段階は、前記伝送信号の符号誤り率及び符号誤り訂正率の少なくとも一方が閾値以上となると、前記伝送信号の符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を供給する動作を開始することを特徴とする付記3記載の伝送特性補償制御方法。

(付記7) 伝送路の送信側と受信側とに配置された1つ以上の補償回路を制御して伝送信号の波形劣化を補償する伝送特性補償制御装置であって、1つ以上の補償回路により補償された伝送信号から符号誤り情報及び符号

誤り訂正情報の少なくとも一方を生成する生成手段と、生成した符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を、前記補償回路毎に設けられた制御回路に供給する供給手段とを備え、前記符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方に応じて前記制御回路に補償回路を制御させ、前記伝送信号の波形劣化を補償することを特徴とする伝送特性補償制御回路。

(付記8) 伝送路の送信側と受信側とに配置された1つ以上の補償回路を用いて伝送信号の波形劣化を補償する伝送特性補償制御システムであって、伝送信号の波形劣化を補償する1つ以上の補償回路と、前記補償回路毎に設けられ、前記補償回路を制御する1つ以上の制御回路と、前記1つ以上の補償回路により補償された前記伝送信号の符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を、前記1つ以上の制御回路に供給する制御指定回路とを備え、前記符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方に基づき前記制御回路が補償回路を制御して前記伝送信号の波形劣化を補償することを特徴とする伝送特性補償制御システム。

【0075】

【発明の効果】上述の如く、本発明によれば、伝送路の送信側と受信側とに配置された1つ以上の補償回路毎に制御回路を設けることにより、符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方に基づき補償回路を独立に制御することができるので、伝送特性補償制御システムの拡張性及び柔軟性を高めることが可能である。

【0076】また、1つ以上の補償回路のうち制御を行なう補償回路のみに符号誤り情報及び符号誤り訂正情報の少なくとも一方を供給することにより、1つ以上の補償回路から1つの補償回路を順次選択し、選択した補償回路を制御することが可能である。

【0077】さらに、最適なパラメータを高速に探索することができ、ファイバの温度変動や偏波分散などによる波形劣化に対して耐性が強くなる。その結果、本発明の伝送特性補償制御システムは極めて高い信頼性を有することができる。

【0078】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理について説明する図である。

【図2】本発明の原理について説明するタイムチャートである。

【図3】本発明による最適化アルゴリズムの一例のフローチャートである。

【図4】補償回路におけるパラメータの制御について説明する図である。

【図5】補償回路におけるパラメータの制御について説明する図である。

【図6】本発明による最適化アルゴリズムの他の一例のフローチャートである。

【図7】本発明の伝送特性補償制御システムの一実施例

の構成図である。

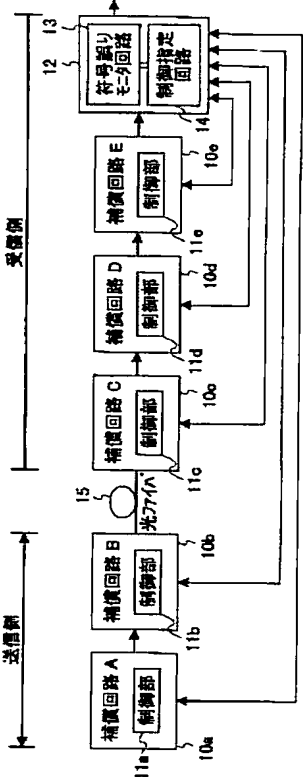
【符号の説明】

- 1 伝送特性補償制御システム
- 10a～10e 補償回路
- 11a～11e, 21a～21e 制御部
- 12, 22 伝送特性補償制御装置
- 13, 23 符号誤りモニタ回路

- 14, 24 制御指定回路
- 15, 25 光ファイバ
- 20a 送信回路
- 20b, 20c 可変分散補償回路
- 20d 偏波分散補償回路
- 20e 光受信回路

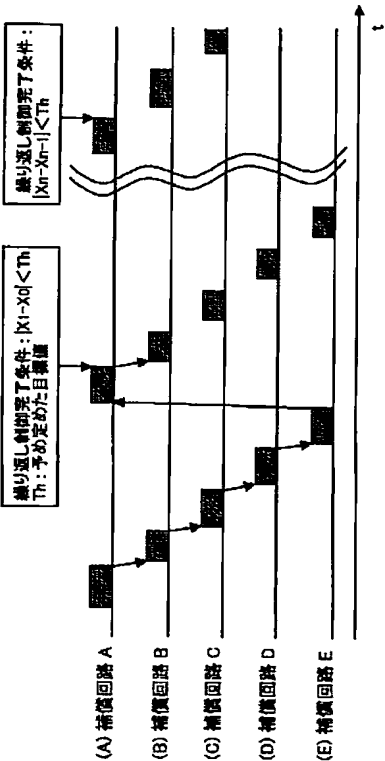
【図 1】

本発明の原理について説明する図



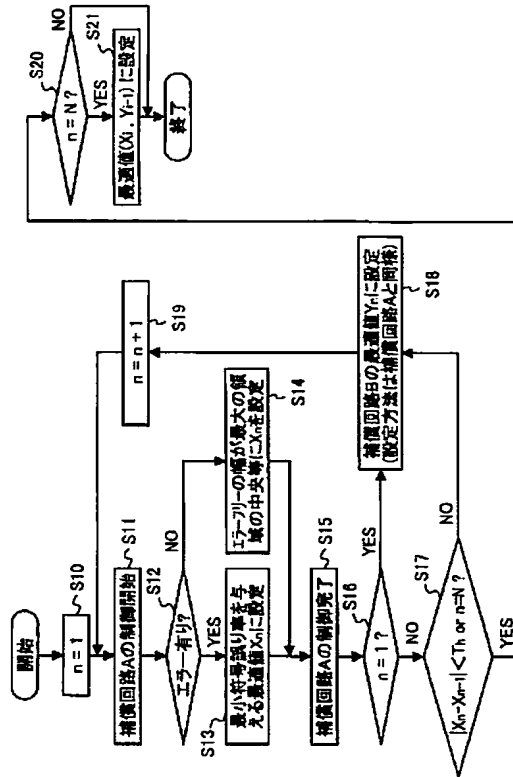
【図 2】

本発明の原理について説明するタイムチャート



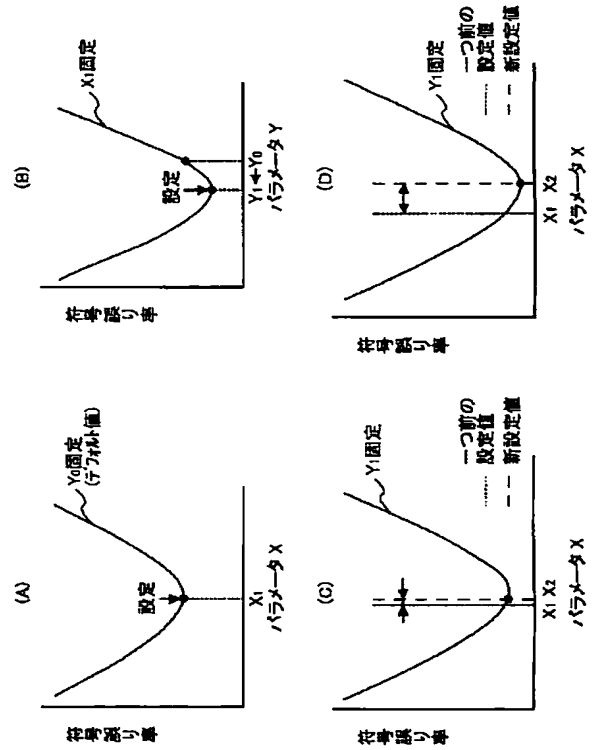
【図3】

本発明による最適化アルゴリズムの一例のフローチャート



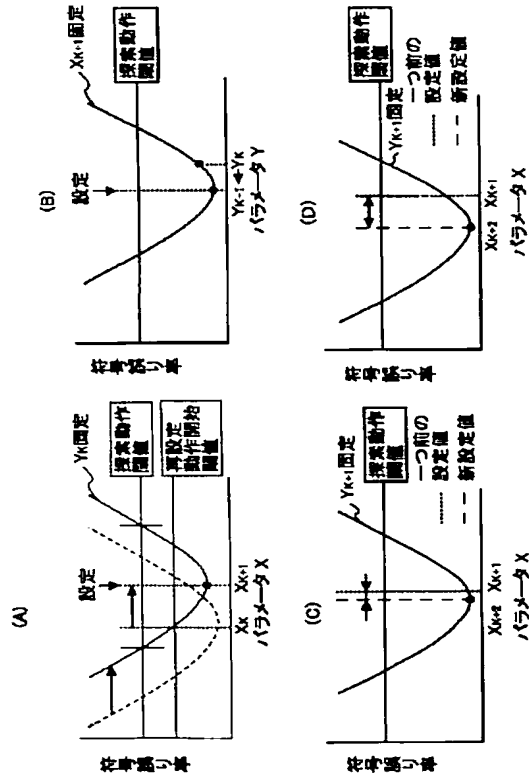
【図4】

補償回路におけるパラメータの制御について説明する図



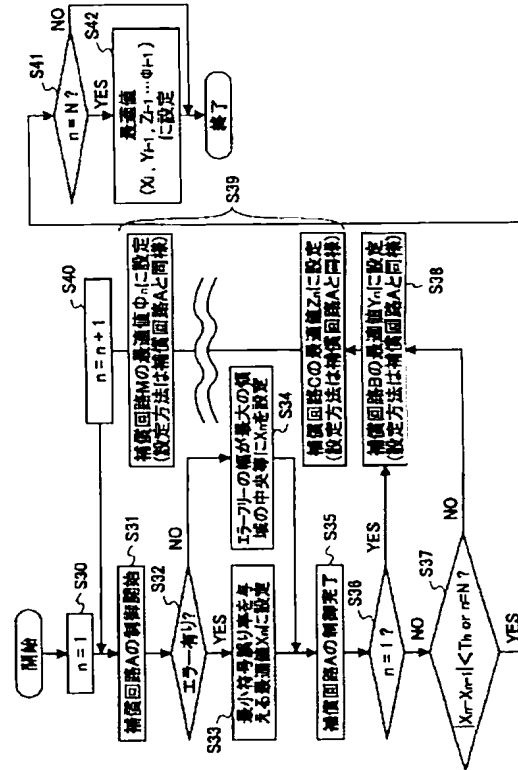
【図5】

補償回路におけるパラメータの制御について説明する図



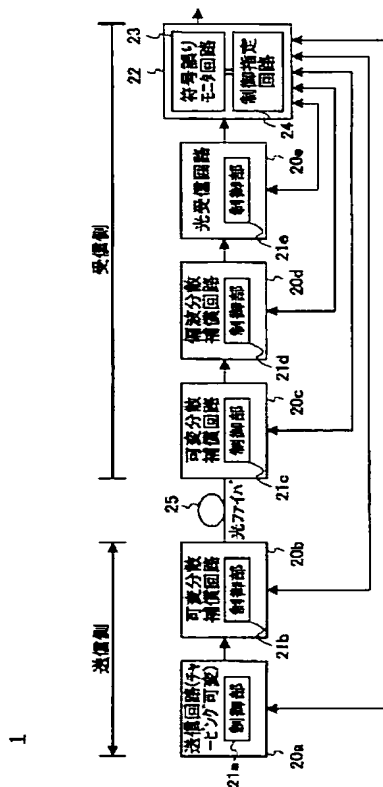
【図6】

本発明による最適化アルゴリズムの他の一例のフローチャート



【図7】

本発明の伝送特性補償制御システムの一実施例の構成図



フロントページの続き

F ターム(参考) 5K002 CA01 DA06
 5K046 AA07 EE42 EE47 EE51